



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>G01N 25/18</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/43762</b> (43) Date de publication internationale: 27 juillet 2000 (27.07.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00092 (22) Date de dépôt international: 18 janvier 2000 (18.01.00) (30) Données relatives à la priorité: 99/00585                  20 janvier 1999 (20.01.99)          FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ELF EXPLORATION PRODUCTION [FR/FR]; Tour Elf, 2, place de la Coupole, La Défense 6, F-92400 Courbevoie (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): BOTREL, Thierry [FR/FR]; 22, boulevard des Pyrénées, F-64000 Pau (FR). (74) Mandataire: TIMONEY, Charles; Elf Exploration Production, Propriété Industrielle, Tour Elf, F-92078 Paris La Défense Cedex (FR).	(81) Etats désignés: NO, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING THE FORMATION OF A MATERIAL DEPOSIT ON A HEAT FLOW SENSOR

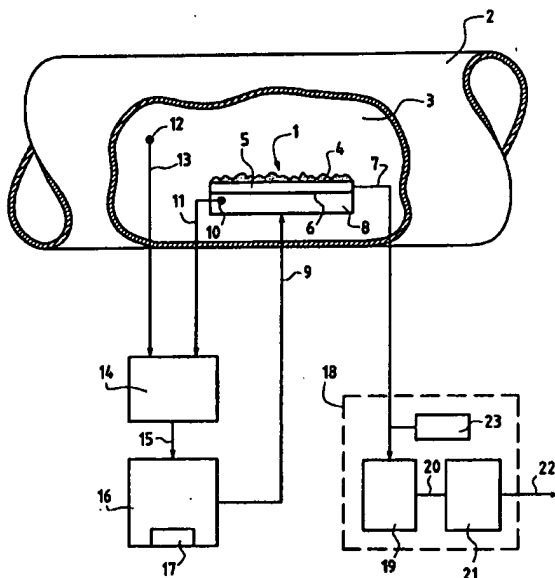
(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF DE DETECTION DE LA FORMATION D'UN DEPOT DE MATIERE SUR UNE FACE D'UN CAPTEUR DE FLUX THERMIQUE

## (57) Abstract

The invention concerns the detection of the formation of a deposit of material contained in a fluid, which consists in measuring the value of a heat flow circulating between the first and second surfaces (6) of a heat flow sensor (5) set in the fluid (3); in detecting the variations in said flow relative to a reference heat flow which exceed a threshold. The first heat sensor (5) surface (4) being in contact with the fluid and a difference in temperature being maintained constant between the fluid and the sensor (5) second surface (6), said variations represent the formation of a material deposit (1) on the sensor (5) first surface (4). The invention is useful in the oil and petrochemical industry for detecting the formation of hydrates, paraffin, polymers or salts in equipment for producing, transporting or treating gases or liquids and for detecting ice formation.

## (57) Abrégé

L'invention concerne la détection de la formation d'un dépôt de matière contenue dans un fluide. Selon l'invention, on mesure la valeur d'un flux thermique qui circule entre la première et la deuxième face (6) d'un capteur (5) de flux thermique placé dans le fluide (3), puis on détecte les variations dudit flux par rapport à un flux thermique de référence qui sont supérieures à un seuil. La première face (4) du capteur (5) de flux thermique étant en contact avec le fluide et une différence de température étant maintenue constante entre le fluide et la deuxième face (6) du capteur (5), lesdites variations traduisent la formation d'un dépôt (1) de matière sur la première face (4) du capteur (5). Elle trouve son application dans l'industrie pétrolière et la pétrochimie pour la détection de la formation d'hydrates, de paraffines, de polymères ou de sels dans des équipements de production, de transport ou de traitement de gaz ou de liquides, ainsi que pour détecter la formation de glace.



### UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroon	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

**PROCEDE ET DISPOSITIF DE DETECTION DE LA FORMATION D'UN DEPOT  
DE MATIERE SUR UNE FACE D'UN CAPTEUR DE FLUX THERMIQUE**

5

---

**DOMAINE TECHNIQUE**

10

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de détection de la formation d'un dépôt sur une face d'un capteur de mesure de flux thermique en contact avec un fluide.

15 Elle trouve son application dans l'industrie pétrolière et la pétrochimie pour la détection de la formation d'hydrates dans des équipements de production, de transport ou de traitement de gaz ou de liquides et pour la détection de la formation de dépôts de paraffines ou de polymères ou de sels dans des équipements de production, de transport ou de traitement de liquides ou de gaz ou de fluides polyphasiques.

20 Elle trouve aussi son application pour détecter la formation de glace par exemple sur les structures des aéronefs, sur les routes et autoroutes et de manière générale pour détecter la formation de dépôts de matières contenues dans des fluides sur des parois d'équipements utilisés dans les industries chimiques, agro-alimentaires et pharmaceutiques.

25

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

La formation de dépôts de matières contenues dans des fluides sur les parois internes d'équipements utilisés pour leur production, leur transport ou leur  
30 traitement est un phénomène perturbateur du fonctionnement des installations industrielles qu'il convient généralement de détecter avec certitude le plus tôt possible pour en prévenir ou en limiter les effets.

C'est le cas par exemple de la formation d'hydrates dans les conduites de transport d'hydrocarbures gazeux et de la formation de dépôts de paraffines dans  
35 les conduites de transport d'hydrocarbures liquides, qui réduisent la section de passage des conduites et peuvent même entraîner leur bouchage total.

Des phénomènes identiques sont également observés dans les colonnes de distillation de ces produits.

Un autre phénomène particulièrement gênant, voire dangereux est la formation sous l'effet du froid de glace sur des parois d'équipements en contact avec de l'air contenant de la vapeur d'eau.

Une méthode connue de détection de la formation d'hydrates dans une conduite de transport de gaz est décrite dans le document SU 1 690 800 du 15.11.1989. Cette méthode consiste à créer sur la conduite de gaz une restriction au passage du gaz et à mesurer la pression et la température du gaz en amont et en aval de cette restriction. Les valeurs qui résultent de ces mesures sont traitées par un microcalculateur pour calculer la valeur de la température en aval de la restriction et la comparer à la température mesurée.

La formation d'hydrates modifiant les conditions thermodynamiques de l'écoulement du gaz, un écart entre la valeur calculée de la température en aval de la restriction et sa valeur mesurée indique la formation d'hydrates.

Les paramètres utilisés pour le calcul de la température en aval de la restriction sont déterminés expérimentalement dans des conditions telles que des hydrates ne puissent pas se former.

Cette méthode est limitée à la détection de la formation d'hydrates dans des conduites de gaz en mouvement et nécessite l'installation d'une restriction sur la conduite qui génère une perte de charge.

De plus le dispositif constituant la restriction doit être débarrassé des hydrates après leur détection pour qu'il retrouve sa capacité de détection. Cette opération nécessite soit un démontage, soit l'injection de produits chimiques dans la conduite.

Une autre méthode pour détecter la formation de dépôts de matières contenues dans un fluide est décrite dans le document DE 4 414 030 du 10.08.1995, Cette méthode consiste à mesurer au moyen d'ultrasons l'épaisseur de la couche formée sur un support par les matières déposées.

Cette méthode est imprécise car sensible à de nombreux paramètres tels que la densité et la nature du fluide, sa température et sa charge en particules solides. Par nature elle ne permet pas une détection précoce de la formation d'un dépôt puisqu'elle n'est efficace que si la couche de matière a une certaine épaisseur déterminée par la sensibilité du dispositif utilisé pour mettre en oeuvre cette méthode. De plus cette méthode nécessite des traitements de signaux complexes.

## **EXPOSE DE L'INVENTION**

La présente invention a justement pour objet de remédier à ces inconvénients et notamment de fournir une méthode et un dispositif de détection de

la formation d'un dépôt de matière contenue dans un fluide sous forme liquide ou gazeuse, immobile ou en mouvement, sur une face d'un capteur de flux thermique en contact avec le fluide.

5 A cette fin, la présente invention propose un procédé de détection de la formation d'un dépôt de matière contenue dans un fluide, sur une première face d'un capteur de flux thermique en contact avec le fluide, ledit capteur comportant une deuxième face séparée du fluide, lequel procédé est caractérisé en ce qu'il consiste :

- 10 - à maintenir une différence de température  $\Delta T$  constante entre le fluide et la deuxième face du capteur,
- à déterminer un flux thermique de référence égal au flux thermique qui circule entre la première et la deuxième face du capteur en l'absence de dépôt de matière sur la première face, la différence de température entre la première et la deuxième face du capteur étant égale à  $\Delta T$ ,
- 15 - à mesurer en continu la valeur du flux thermique qui circule entre la première et la deuxième face du capteur,
- à détecter des variations supérieures à un seuil, de la valeur du flux thermique mesuré en continu, par rapport au flux thermique de référence, lesdites variations traduisant la formation d'un dépôt de matière sur la
- 20 première face du capteur de mesure de flux thermique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur a une valeur absolue comprise entre 0,5 et 25°C et son signe est choisi de manière à favoriser thermodynamiquement la formation du dépôt.

25 Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant un hydrate et le fluide comprenant des hydrocarbures, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur est comprise entre +0,5 et +20°C.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant une paraffine et le fluide comprenant des hydrocarbures sous forme liquide, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur est comprise entre +1 et +20°C.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant de la glace et le fluide étant un gaz contenant de l'eau, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur est comprise entre +0,5 et +2°C.

35 Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant un produit solide du type présentant une solubilité inverse dans l'eau et le fluide contenant de l'eau, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur est comprise entre -0,5 et -20°C.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le flux thermique de référence est déterminé par calcul.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le flux thermique de référence est déterminé expérimentalement par mesure dans les conditions  
5 d'écoulement du fluide.

Selon une autre caractéristique, le procédé de l'invention consiste en plus après détection de la formation d'un dépôt de matière sur la première face du capteur de flux thermique, à éliminer ledit dépôt en maintenant une différence de température entre le fluide et la deuxième face du capteur, de signe opposé à la  
10 différence de température  $\Delta T$  pendant un temps prédéterminé expérimentalement.

La présente invention a aussi pour objet un dispositif pour détecter la formation d'un dépôt de matière contenue dans un fluide, sur une première face d'un capteur de flux thermique en contact avec le fluide, ledit capteur comportant une deuxième face séparée du fluide et délivrant sur une sortie un signal représentatif  
15 du flux thermique circulant entre ses deux faces, lequel dispositif est caractérisé en ce qu'il comporte en plus :

- des moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur de flux thermique fournissant sur une sortie un signal électronique représentatif de ladite différence de  
20 température,
- des moyens de réglage de la température de la deuxième face du capteur de mesure de flux thermique comportant une entrée de commande,
- un régulateur comportant une entrée de mesure raccordée à la sortie des  
25 moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$  et une sortie reliée à l'entrée de commande des moyens de réglage de la température de la deuxième face du capteur de flux thermique, pour maintenir à une valeur constante de consigne la différence de température  $\Delta T$ ,
- des moyens de traitement du signal délivré par le capteur de flux thermique, raccordés à la sortie du dit capteur, qui comprennent :  
30
  - un module de calcul pour calculer les variations du flux thermique circulant entre les deux faces du capteur de flux thermique, par rapport à un flux thermique de référence égal au flux thermique qui circule entre les deux faces du capteur en l'absence de dépôt de matière sur la première face, la différence de température entre la première et la  
35 deuxième face du capteur étant égale à  $\Delta T$ ,
  - un module de détection pour détecter les variations calculées supérieures à un seuil, lesdites variations traduisant la formation d'un dépôt de matière sur la première face du capteur de flux thermique et délivrer sur une sortie un signal indicatif de la formation d'un dépôt.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la consigne du régulateur de la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide et la deuxième face du capteur a une valeur absolue comprise entre 0,5 et 25°C et son signe est choisi de manière à favoriser thermodynamiquement la formation du dépôt.

5            Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant un hydrate et le fluide comprenant des hydrocarbures sous forme gazeuse et de l'eau, la valeur de la consigne du régulateur est comprise entre +0,5 et +20°C.

            Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant une paraffine et le fluide comprenant des hydrocarbures sous forme liquide, la valeur de  
10    la consigne du régulateur est comprise entre +1 et +20°C.

            Selon une autre caractéristique de l'invention, le dépôt formé étant de la glace et le fluide étant un gaz contenant de l'eau, la valeur de la consigne du régulateur est comprise entre +0,5 et +2°C.

            Selon une autre caractéristique de l'invention, caractérisé en ce que le  
15    dépôt formé étant un produit solide du type présentant une solubilité inverse dans l'eau et le fluide contenant de l'eau, la valeur de la consigne du régulateur est comprise entre -0,5 et -20°C.

            Selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens de réglage de la température de la deuxième face du capteur de mesure de flux thermique sont du  
20    type frigorifique.

            Selon une autre caractéristique, le dispositif de l'invention comporte des moyens de mémorisation de la valeur du flux thermique de référence.

            Selon une autre caractéristique de l'invention, le flux thermique de référence est déterminé par calcul.

25            Selon une autre caractéristique de l'invention, le flux thermique de référence est déterminé expérimentalement par mesure dans les conditions d'écoulement du fluide.

            Selon une autre caractéristique, le dispositif de l'invention comporte en plus des moyens de maintien d'une différence de température entre le fluide et la  
30    deuxième face du capteur de signe opposé à la différence de température  $\Delta T$  pendant un temps prédéterminé, pour éliminer le dépôt formé sur la première face du capteur de flux thermique.

### 35    **BREVE DESCRIPTION DES DESSINS**

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante donnée à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un premier mode de réalisation conforme au descriptif de l'invention utilisable pour la détection de la formation d'hydrates sur une face d'un capteur de flux thermique placé dans une conduite de transport de gaz.
- 5 - la figure 2 représente schématiquement un deuxième mode de réalisation de l'invention conforme au descriptif de l'invention qui comporte des moyens d'élimination des dépôts détectés selon le premier mode de réalisation,
- la figure 3 représente schématiquement un troisième mode de réalisation conforme au descriptif de l'invention utilisable pour la détection de la formation d'un dépôt de carbonate de calcium sur une face d'un capteur de flux thermique placé dans une conduite de transport d'un fluide contenant de l'eau.
- 10

## 15 EXPOSE DETAILLE DE L'INVENTION

D'une manière générale, le procédé et le dispositif de l'invention sont utilisés pour détecter la formation d'un dépôt de matière contenue dans un fluide, sur une surface en contact avec ce fluide.

20 La figure 1 représente schématiquement un premier mode de réalisation du dispositif de l'invention utilisable pour détecter la formation d'un dépôt 1 d'hydrates sur une première face 4 d'un capteur 5 de flux thermique, placé à l'intérieur d'une conduite 2 de transport d'un fluide 3 contenant des hydrocarbures gazeux et de la vapeur d'eau, la face 4 de ce capteur 5 étant en contact avec le fluide 3.

25 Le capteur 5 de flux thermique comporte une deuxième face 6 et délivre sur une sortie 7 un signal électronique représentatif du flux thermique qui circule entre les deux faces 4 et 6. Le flux thermique est défini comme la quantité de chaleur échangée par le fluide 3 avec la face 4 du capteur 5, par unité de temps et par unité de surface, il s'exprime généralement en Watt / cm<sup>2</sup>. Son signe est représentatif du sens de l'échange.

30 Le dispositif de l'invention selon le premier de réalisation comporte :

- des moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide 3 et la deuxième face 6 du capteur 5 de flux thermique, qui comportent un thermocouple 10 qui délivre sur une sortie 11 un signal représentatif de la température T<sub>1</sub> de la deuxième face 6 du capteur 5, un thermocouple 12 qui délivre sur une sortie 13 un signal représentatif de la température T<sub>2</sub> du fluide 3 et un module 14 de calcul de la différence  $\Delta T = T_2 - T_1$  qui délivre sur une sortie 15 un signal représentatif de cette différence,



- un élément 8 refroidisseur du type à effet Peltier, en contact avec la deuxième face 6 du capteur 5, dont la puissance de refroidissement est commandable par application d'un signal électrique sur une entrée 9 de commande pour régler la température de la face 6 du capteur 5,
- 5 - un régulateur 16 qui comporte une entrée de mesure raccordée à la sortie 15 des moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$ , une sortie reliée à l'entrée 9 de commande de l'élément refroidisseur 8 et une mémoire 17 de stockage d'une valeur de consigne  $\Delta T_c$ . Le régulateur 16 calcule l'écart entre la différence  $\Delta T$  de température mesurée et la valeur de consigne  $\Delta T_c$  stockée
- 10 et détermine par application d'un algorithme du type PID la valeur du signal de commande de l'élément 8 refroidisseur et délivre sur sa sortie un signal égal à cette valeur.

Le dispositif de l'invention selon le premier mode de réalisation comporte aussi des moyens 18 de traitement qui comprennent :

- 15 - un indicateur 23 de flux thermique dont l'entrée est reliée à la sortie 7 du capteur 5 de flux thermique qui affiche la valeur dudit flux,
- un module 19 de calcul muni d'une entrée reliée à la sortie 7 du capteur 5 de flux thermique qui calcule en continu les variations de la valeur du flux thermique mesuré par le capteur 5, par rapport à une valeur de référence égale
- 20 à la valeur du flux thermique mesuré par le capteur 5 en l'absence de dépôt. Le module 19 de calcul délivre sur une sortie 20 un signal représentatif desdites variations.
- un module 21 de détection muni d'une entrée reliée à la sortie 20 du module 19 de calcul qui détecte les variations du flux thermique mesuré par le capteur 5
- 25 supérieures à un seuil prédéterminé et délivre sur une sortie 22 un signal indicatif de la formation d'un dépôt de matière sur la face 4 du capteur 5.

Le capteur 5 de flux thermique, le thermocouple 10 et l'élément 8 de refroidissement sont montés sur un support solidaire de la conduite 2 non représenté sur la figure 1. La conduite 2 comporte non représentés sur la figure 1

30 des passages étanches pour le passage des liaisons électriques entre les éléments placés à l'intérieur de la conduite et ceux installés à l'extérieur.

Selon la méthode de l'invention, la différence de température  $\Delta T$  entre la température  $T_2$  du fluide 3 et la température  $T_1$  de la face 6 du capteur 5 de flux thermique est maintenue constante grâce au régulateur 26 qui agit sur l'élément 8

35 refroidisseur. Cette différence est égale à la consigne du régulateur soit par exemple  $\Delta T_c = + 5^\circ\text{C}$ .

Pour une pression donnée du fluide, la formation d'hydrates est favorisée par une baisse de température. La différence de température  $\Delta T = T_2 - T_1$  doit donc

être positive. Sa valeur absolue est déterminée expérimentalement en fonction de la nature des hydrates et de la sensibilité de détection souhaitée.

En l'absence de dépôt sur la face 4 du capteur 5, du fait de la différence de température  $\Delta T$ , un flux thermique de référence  $F_{ref}$  s'établit entre les deux faces 4 et 6 du capteur 5 de flux. Le flux de référence  $F_{ref}$  peut être soit calculé, soit mesuré en laboratoire, soit mesuré à la mise en service du dispositif avant formation d'un dépôt ou en créant dans la conduite des conditions qui garantissent l'absence de dépôt, par exemple en injectant dans la conduite un inhibiteur de formation d'hydrates tel qu'un glycol.

La valeur de  $F_{ref}$  lue sur l'indicateur 23 en l'absence de dépôt est introduite dans le module 19 de calcul par des moyens conventionnels non représentés sur la figure 1 et stockée dans ce module.

Le module 19 de calcul détermine la valeur de la différence entre le flux thermique mesuré par le capteur 5 et la valeur  $F_{ref}$  de référence stockée dans ledit module.

Cette différence est évidemment nulle en l'absence de dépôt sur la face 4 du capteur 5. Lorsqu'un dépôt d'hydrates se forme sur la face 6 du capteur 5 en contact avec le fluide, les conditions d'échange thermique entre le fluide 3 et la face 4 sont modifiées. Plus précisément la couche d'hydrates formée sur la face 6 du capteur 5 forme une résistance thermique qui s'insère dans le circuit d'échange de chaleur entre le fluide 3 et la face 4 du capteur 5. Etant donné que la différence de température  $\Delta T$  est maintenue constante par l'action du régulateur, l'augmentation de résistance thermique du circuit d'échange de chaleur entre le fluide 3 et la face 4 du capteur 5 résultant du dépôt d'hydrates, entraîne une diminution du flux thermique qui circule dans ce circuit, lequel est mesuré par le capteur 5.

Le module 19 de calcul délivre sur sa sortie 20 un signal représentatif de la valeur de la différence entre le flux thermique mesuré et la valeur du flux thermique de référence, donc aussi représentatif de la formation d'un dépôt d'hydrates sur la face 4 du capteur 5.

Le détecteur 21 compare le signal délivré par le module 19 de calcul à un seuil prédéterminé et en cas de dépassement délivre sur sa sortie 22 un signal électrique significatif de la formation d'un dépôt d'hydrates sur la face 4 du capteur 5.

Le seuil auquel est comparé le signal délivré par le module 19 est soit calculé, soit déterminé expérimentalement en fonction de la sensibilité de détection recherchée. Il est fonction de la conductibilité thermique des hydrates formés et de la valeur de la consigne  $\Delta T_c$ , pour un fluide et un capteur de flux thermique donnés.

La figure 2 représente schématiquement un deuxième mode de réalisation du dispositif de l'invention utilisable pour détecter la formation d'un dépôt

1a de paraffines sur une première face 4 d'un capteur 5 de flux thermique, placé dans une conduite 2 de transport d'un fluide 3 contenant des hydrocarbures paraffiniques, la face 4 du capteur 5 étant en contact avec le fluide 3.

5 Le dispositif de l'invention selon ce deuxième mode de réalisation comporte les mêmes éléments que ceux décrits pour le premier mode de réalisation et en plus des moyens d'élimination du dépôt de paraffines formé sur la face 4 du capteur 5.

10 Ces moyens d'élimination du dépôt formé comprennent, une résistance 26 électrique en contact avec le refroidisseur 8 alimentée au travers d'un interrupteur 24 à partir d'une alimentation 25 électrique.

Après détection d'un dépôt de paraffines sur la face 4 du capteur 5 de flux thermique le régulateur 16 est mis hors service et l'interrupteur 24 est fermé. La résistance 26 étant alimentée, elle réchauffe le capteur 5 de flux thermique ce qui a pour effet de liquéfier les paraffines précédemment formées par refroidissement de la face 4 du capteur 5. Les paraffines ainsi liquifiées sont entraînées par le fluide 3.

On vérifie que les paraffines déposées sur la face 4 du capteur 5 ont bien été éliminées en constatant que le flux thermique affiché sur l'indicateur 23 est voisin du flux de référence.

20 Grâce à l'invention il est possible de restituer l'état du capteur sans démontage, ni injection de produit chimique et de vérifier cet état.

Cet avantage est particulièrement intéressant lorsque le dispositif de détection est difficilement accessible ou situé dans une zone dangereuse.

25 La figure 3 représente schématiquement un troisième mode de réalisation du dispositif de l'invention utilisable pour détecter la formation d'un dépôt 1b de carbonate de calcium sur une première face 4 d'un capteur 5 de flux thermique, placé dans une conduite 2 de transport d'un fluide 3 contenant de l'eau en provenance d'un gisement pétrolier, la face 4 du capteur 5 étant en contact avec le fluide 3.

30 Le carbonate de calcium est un solide du type présentant une solubilité inverse dans l'eau, c'est à dire un solide dont la solubilité dans l'eau diminue quand la température augmente.

Le dispositif de l'invention selon ce troisième mode de réalisation comporte :

- 35 - des moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide 3 et la deuxième face 6 du capteur 5 de flux thermique et des moyens 18 de traitement tels que décrits pour le premier mode de réalisation,
- un élément 30 chauffant du type à résistance électrique en contact avec la deuxième face 6 du capteur 5, dont la puissance de chauffage est

commandable par application d'un signal électrique sur une entrée 31 de commande pour régler la température de la face 6 du capteur 5.

- un régulateur 32 qui comporte une entrée de mesure raccordée à la sortie 15 des moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$ , une sortie reliée à l'entrée 31 de commande de l'élément 30 chauffant et une mémoire 33 de stockage d'une valeur de consigne  $\Delta T_c$ . Le régulateur 32 calcule l'écart entre la différence  $\Delta T$  de température mesurée et la valeur de consigne  $\Delta T_c$  stockée et détermine par application d'un algorithme du type PID la valeur du signal de commande de l'élément 30 chauffant et délivre sur sa sortie un signal égal à cette valeur.

Selon le troisième mode de réalisation de la méthode de l'invention, la différence de température  $\Delta T$  entre la température  $T_2$  du fluide 3 et la température  $T_1$  de la face 6 du capteur 5 de flux thermique est maintenue constante grâce au régulateur 32 qui agit sur l'élément chauffant 30. Elle est égale à la consigne du régulateur soit par exemple  $\Delta T_c = -5^\circ\text{C}$ .

Pour une pression donnée du fluide, la formation de carbonate de calcium étant favorisée par une augmentation de température la différence de température  $\Delta T = T_2 - T_1$  doit être négative. Sa valeur absolue est déterminée expérimentalement en fonction de la conductibilité thermique du carbonate de calcium et de la sensibilité de détection souhaitée.

En l'absence de dépôt sur la face 4 du capteur 5, du fait de la différence de température  $\Delta T$ , un flux thermique de référence  $F_{ref}$  s'établit entre les deux faces 4 et 6 du capteur 5 de flux.  $F_{ref}$  peut être soit calculé, soit mesuré en laboratoire, soit mesuré à la mise en service du dispositif avant formation d'un dépôt de carbonate de calcium ou en créant dans la conduite des conditions qui garantissent l'absence de dépôt, par exemple en injectant dans la conduite un solvant du carbonate de calcium par exemple un acide.

La valeur de  $F_{ref}$  lue sur l'indicateur 23 en l'absence de dépôt est introduite dans le module 19 de calcul par des moyens conventionnels non représentés sur la figure 3 et stockée dans ce module.

Le module 19 de calcul détermine la valeur de la différence entre le flux thermique mesuré par le capteur 5 et la valeur  $F_{ref}$  de référence.

Cette différence est évidemment nulle en l'absence de dépôt sur la face 4 du capteur 5. Lorsqu'un dépôt de carbonate de calcium se forme sur la face 6 du capteur 5 en contact avec le fluide, les conditions d'échange thermique entre le fluide 3 et la face 4 sont modifiées. Plus précisément la couche de carbonate de calcium formée sur la face 6 du capteur 5 se comporte comme une résistance thermique qui s'insère dans le circuit d'échange de chaleur entre le fluide 3 et la face 4 du capteur 5. Etant donné que la différence de température  $\Delta T$  est maintenue

constante par l'action du régulateur l'augmentation de résistance thermique du circuit d'échange de chaleur entre le fluide 3 et la face 4 du capteur 5 résultant du dépôt de carbonate de calcium, entraîne une diminution du flux thermique qui circule dans ce circuit, lequel est mesuré par le capteur 5.

5 Le module 19 de calcul délivre sur sa sortie 20 un signal représentatif de la valeur de la différence entre le flux thermique mesuré et la valeur du flux thermique de référence, donc aussi représentatif de la formation d'un dépôt sur la face 4 du capteur 5.

10 Le détecteur 21 compare le signal délivré par le module 19 de calcul à un seuil prédéterminé et en cas de dépassement délivre sur sa sortie 22 un signal électrique significatif de la formation d'un dépôt de carbonate de calcium sur la face 4 du capteur 5.

15 Le seuil auquel est comparé le signal délivré par le module 19 est, soit calculé, soit déterminé expérimentalement en fonction de la sensibilité de détection recherchée c'est à dire la plus petite épaisseur détectable d'un dépôt. Ce seuil est fonction de la conductibilité thermique du carbonate de calcium formé et de la valeur de la consigne  $\Delta T_c$ , pour un fluide et un capteur de flux thermique donnés.

20 La méthode et le dispositif de l'invention sont très peu sensibles aux particules solides en suspension dans le fluide et permettent la détection de dépôts à partir de fluides en mouvement ou immobiles.

Le capteur de flux thermique utilisé pour la mise en oeuvre de l'invention étant de petite taille il est facile à installer et perturbe très peu l'écoulement du fluide.

25 Enfin un autre avantage de l'invention est que l'amplitude de la variation du flux thermique mesuré donne des indications sur la nature du dépôt et sur son épaisseur.

### **EXEMPLE :**

30 Détection de la formation d'un dépôt d'hydrates sur une face d'un capteur de flux thermique placé dans une conduite de transport d'un fluide constitué par des hydrocarbures gazeux contenant de la vapeur d'eau.

35 Le présent exemple chiffré est destiné à mieux faire comprendre la méthode de l'invention.

Le capteur de flux thermique, comporte :

- une partie active constituée de 40 000 paires de micro-thermocouples répartis sur une surface de 25 cm<sup>2</sup>, reliés en série, qui délivrent sur une sortie un signal électrique dont l'amplitude est proportionnelle au flux

thermique qui la traverse et dont le signe indique le sens du flux thermique,

- un élément protecteur constitué par un parallélépipède en acier de 2 mm d'épaisseur présentant deux faces parallèles de 25 cm<sup>2</sup> de surface, sur une desquelles est collée la partie active, l'autre étant destinée à être en contact avec le fluide transporté par la conduite.

5

Le capteur ainsi constitué comporte une première face en contact avec le fluide transporté par la conduite et une deuxième face collée sur un élément refroidisseur du type à effet Peltier. L'ensemble capteur-élément refroidisseur est installé dans la conduite au moyen d'un support adapté.

10

Un premier thermocouple de type E est placé entre la deuxième face du capteur et l'élément refroidisseur pour mesurer la température T1 de la deuxième face du capteur.

15

Un deuxième thermocouple de type E est placé dans la conduite pour mesurer la température T2 du fluide transporté.

Les caractéristiques du capteur de flux thermique données par son constructeur sont les suivantes :

20

- Surface active :  $S = 0,0025 \text{ m}^2$
- Epaisseur : 0,53 mm
- Résistance thermique :  $R_{\text{capt}} = 0,04 \text{ K/W}$
- Sensibilité :  $A = 0,006 \text{ mV / (W/m}^2\text{)}$

La quantité de chaleur qui traverse le capteur de flux thermique par unité de temps est donnée par la formule suivante :

25

$$Q = (T_2 - T_1) / R_{\text{tot}}$$

Dans laquelle :

Q représente la quantité de chaleur qui traverse le capteur par unité de temps,

30

T2 représente la température du fluide transporté,

T1 représente la température de la deuxième face du capteur,

Rtot représente la résistance thermique total du circuit thermique qui relie le fluide transporté et l'élément refroidisseur.

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{fl}} + R_{\text{d}} + R_{\text{p}} + R_{\text{capt}}$$

35

Dans laquelle :

Rfl représente la résistance thermique du fluide transporté,

Rd représente la résistance thermique du dépôt d'hydrates sur la première face du capteur de flux thermique,

Rp représente la résistance thermique de l'élément protecteur,

R<sub>capt</sub> représente la résistance thermique du capteur.

Chacun de ces termes est déterminé par les formules suivantes :

$$R_{fl} = 1 / h.S, R_d = E_d / S.\lambda_d, R_p = E_p / S.\lambda_p$$

h représente le coefficient d'échange thermique entre le fluide transporté

5 et la première face du capteur,

$\lambda_d$  représente la conductivité thermique des hydrates,

$\lambda_p$  représente la conductivité thermique de l'acier constituant l'élément protecteur,

S représente la surface du capteur

10  $E_d$  représente l'épaisseur du dépôt d'hydrates

$E_p$  représente l'épaisseur de l'élément protecteur

D'où l'expression de Q :

$$Q = (T_2 - T_1) / [(1/S.h) + (E_d/S.\lambda_d) + (E_p/S.\lambda_p) + (R_{capt})]$$

Si on pose  $R_1 = (1/S)[(1/h) + (E_p/\lambda_p) + S.(R_{capt})]$

15 on a  $Q = (T_2 - T_1).S / (R_1 + E_d/\lambda_d)$

Pour un fluide donné h est une constante.

Pour un capteur donné  $E_p$ ,  $\lambda_p$ , S et  $R_{capt}$  sont des constantes.

$R_1$  est donc aussi une constante.

20 Le flux thermique au travers du capteur étant par définition la quantité de chaleur qui circule au travers du capteur par unité de temps et par unité de surface, ce flux est égal à  $Q / S$ .

La tension U du signal électrique délivré par le capteur étant proportionnelle à ce flux thermique elle s'exprime par la formule suivante :

$$U = A.Q/S = A(T_2 - T_1) / (R_1 + E_d/\lambda_d)$$

25 Etant donné que selon la méthode de l'invention on maintient la valeur de  $T_2 - T_1$  constante, la valeur de A étant constante pour un capteur donné, la valeur  $\lambda_d$  étant constante pour un type dépôt donné, la tension U ne dépend que de l'épaisseur  $E_d$  du dépôt sur la face en contact avec le fluide du capteur protégé.

30 Pour des températures  $T_2 = 45^\circ\text{C}$  et  $T_1 = 30^\circ\text{C}$  soit une différence de température égale à 15 K, pour des hydrates  $\lambda_d = 0,6 \text{ W/m/K}$ , pour le fluide choisi  $h = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$  avec un élément protecteur en acier d'épaisseur  $E_p = 2 \text{ mm}$ ,  $\lambda_p = 60 \text{ W/m/K}$  on obtient les résultats suivants pour un dépôt d'hydrates d'épaisseur 1 mm :

$$R_{fl} = 1 / hS = 1/(500 \times 0,0025) = 0,8 \text{ K/W}$$

$$R_p = E_p / S.\lambda_p = 0,002 / 0,0025.60 = 0,013 \text{ K/W}$$

35  $R_d = E_d / S.\lambda_d = 0,001 / 0,0025.0,6 = 0,67 \text{ K/W}$

$$R_{tot} = 0,8 + 0,67 + 0,13 + 0,04 = 1,52 \text{ K/W}$$

$$Q = (T_2 - T_1) / R_{tot} = (45 - 15) / 1,52 = 9,87 \text{ W}$$

$$Q / S = 9,87 / 0,0025 = 3\,947 \text{ W / m}^2 \text{ soit } 0,3947 \text{ W/cm}^2$$

$$U = A.Q/S = 0,006 \times 3\,947 = 23,68 \text{ mV}$$

Les valeurs de  $R_d$ ,  $R_{tot}$ ,  $Q$  et  $Q/S$  en fonction de l'épaisseur  $E_d$  du dépôt d'hydrates sont consignées dans le tableau 1 suivant :



Tableau 1

Epaisseur Ed du dépôt en mm	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	3
Résistance du dépôt Rd en K/W	0	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33	0,67	1,33	2
Résistance totale Rtot en K/W	0,85	0,92	0,99	1,05	1,12	1,18	1,52	2,19	2,85
Puissance thermique Q en W	17,6	16,3	15,2	14,24	13,4	12,6	9,87	6,86	5,26
Flux thermique Q/S en W/cm2	0,70	0,65	0,61	0,57	0,54	0,51	0,39	0,27	0,21
Tension U en mV	42,2	39,1	36,5	34,2	32,1	30,3	23,7	16,4	12,6

5 On déduit de ce tableau la valeur de référence du flux thermique qui correspond au flux en l'absence de dépôt d'hydrates, soit  $F_{ref} = 0,70 \text{ W/cm}^2$  pour lequel le capteur de flux thermique délivre une tension de 42,2 mV.

10 Si l'on souhaite détecter la formation d'un dépôt d'hydrates d'épaisseur supérieure à 1 mm on règle la valeur du seuil de comparaison des variations du flux à 42,2 - 23,7 soit 18,5 mV, la valeur 23,7 correspondant à la valeur représentative du flux thermique pour une épaisseur d'hydrates d'environ 1 mm.

## REVENDECATIONS

- 5 1- Procédé de détection de la formation d'un dépôt (1) de matière contenue dans un fluide (3), sur une première face (4) d'un capteur (5) de flux thermique en contact avec le fluide (3), ledit capteur (5) comportant une deuxième face (6) séparée du fluide (3), lequel procédé est caractérisé en ce qu'il consiste :
- à maintenir une différence de température  $\Delta T$  constante entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5),
  - 10 - à déterminer un flux thermique de référence égal au flux thermique qui circule entre la première et la deuxième face du capteur (5) en l'absence de dépôt de matière sur la première face (4), la différence de température entre la première et la deuxième face (6) du capteur (5) étant égale à  $\Delta T$ ,
  - à mesurer en continu la valeur du flux thermique qui circule entre la
  - 15 - à détecter des variations supérieures à un seuil, de la valeur du flux thermique mesuré en continu, par rapport au flux thermique de référence, lesdites variations traduisant la formation d'un dépôt (1) de matière sur la première face (4) du capteur (5) de mesure de flux thermique.
- 20 2- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) a une valeur absolue comprise entre 0,5 et 25°C et son signe est choisi de manière à favoriser thermodynamiquement la formation du dépôt (1).
- 25 3- Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant un hydrate et le fluide (3) comprenant des hydrocarbures, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) est comprise entre +0,5 et +20°C.
- 30 4- Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant une paraffine et le fluide (3) comprenant des hydrocarbures sous forme liquide, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) est comprise entre +1 et +20°C.
- 35 5- Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant de la glace et le fluide (3) étant un gaz contenant de l'eau, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) est comprise entre +0,5 et +2°C.
- 6- Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant un produit solide du type présentant une solubilité inverse dans l'eau et le fluide (3) contenant de l'eau, la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) est comprise entre -0,5 et -20°C.

- 7- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le flux thermique de référence est déterminé par calcul.
- 8- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le flux thermique de référence est déterminé expérimentalement par mesure dans les conditions d'écoulement du fluide (3).
- 9- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il consiste en plus après détection de la formation d'un dépôt de matière sur la première face (4) du capteur (5) de flux thermique à éliminer ledit dépôt en maintenant une différence de température entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5), de signe opposé à la différence de température  $\Delta T$  pendant un temps prédéterminé expérimentalement.
- 10- Dispositif pour détecter la formation d'un dépôt (1) de matière contenue dans un fluide (3), sur une première face (4) d'un capteur (5) de flux thermique en contact avec le fluide (3), ledit capteur (5) comportant une deuxième face (6) séparée du fluide (3) et délivrant sur une sortie (7) un signal représentatif du flux thermique circulant entre ses deux faces, lequel dispositif est caractérisé en ce qu'il comporte en plus :
- des moyens (14) de mesure de la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) de flux thermique fournissant sur une sortie (15) un signal électronique représentatif de ladite différence de température,
  - des moyens (8) de réglage de la température de la deuxième face (6) du capteur (5) de mesure de flux thermique comportant une entrée (9) de commande,
  - un régulateur (16) comportant une entrée de mesure raccordée à la sortie (15) des moyens de mesure de la différence de température  $\Delta T$  et une sortie reliée à l'entrée (9) de commande des moyens (8) de réglage de la température de la deuxième face (6) du capteur (5) de flux thermique, pour maintenir à une valeur constante de consigne la différence de température  $\Delta T$ ,
  - des moyens (17) de traitement du signal délivré par le capteur (5) de flux thermique, raccordés à la sortie (7) du dit capteur (5), qui comprennent :
    - un module (19) de calcul pour calculer les variations du flux thermique circulant entre les deux faces du capteur (5) de flux thermique, par rapport à un flux thermique de référence égal au flux thermique qui circule entre les deux faces du capteur (5) en l'absence de dépôt de matière sur la première face (4), la différence de température entre la première et la deuxième face (6) du capteur (5) étant égale à  $\Delta T$ ,

- un module (21) de détection pour détecter les variations calculées supérieures à un seuil, lesdites variations traduisant la formation d'un dépôt (1) de matière sur la première face (4) du capteur (5) de flux thermique et délivrer sur une sortie (22) un signal indicatif de la formation d'un dépôt (1).
- 5 11- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que la consigne du régulateur (16) de la différence de température  $\Delta T$  entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) a une valeur absolue comprise entre 0,5 et 25°C et son signe est choisi de manière à favoriser thermodynamiquement la formation du dépôt (1).
- 10 12- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant un hydrate et le fluide (3) comprenant des hydrocarbures et de l'eau, la valeur de la consigne du régulateur (16) est comprise entre +0,5 et +20°C.
- 13- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant une paraffine et le fluide (3) comprenant des hydrocarbures sous forme liquide, la valeur de la consigne du régulateur (16) est comprise entre +1 et +20°C.
- 15 14- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant de la glace et le fluide (3) étant un gaz contenant de l'eau, la valeur de la consigne du régulateur (16) est comprise entre +0,5 et +2°C.
- 20 15- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dépôt (1) formé étant un produit solide du type présentant une solubilité inverse dans l'eau et le fluide (3) contenant de l'eau, la valeur de la consigne du régulateur (16) est comprise entre -0,5 et -20°C.
- 25 16- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que les moyens (8) de réglage de la température de la deuxième face (6) du capteur (5) de mesure de flux thermique sont du type frigorifique.
- 17- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mémorisation de la valeur du flux thermique de référence.
- 30 18- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, caractérisé en ce que le flux thermique de référence est déterminé par calcul.
- 19- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, caractérisé en ce que le flux thermique de référence est déterminé expérimentalement par mesure dans les conditions d'écoulement du fluide (3).
- 35 20- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 19, caractérisé en ce qu'il comporte en plus des moyens (26) de maintien d'une différence de température entre le fluide (3) et la deuxième face (6) du capteur (5) de signe opposé à la différence de température  $\Delta T$  pendant un temps prédéterminé,

pour éliminer le dépôt (1) formé sur la première face (4) du capteur (5) de flux thermique.

1/3

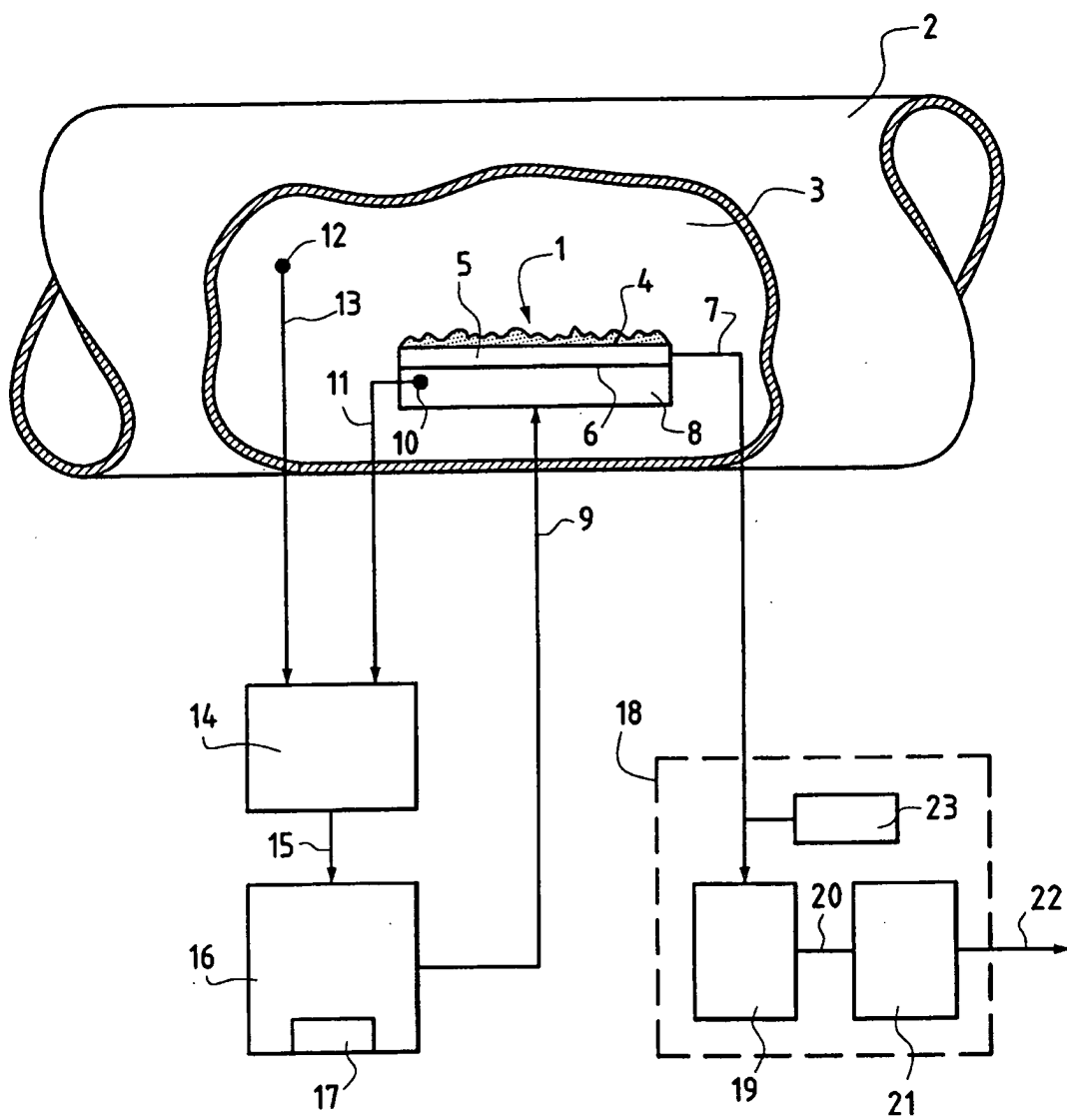


FIG.1



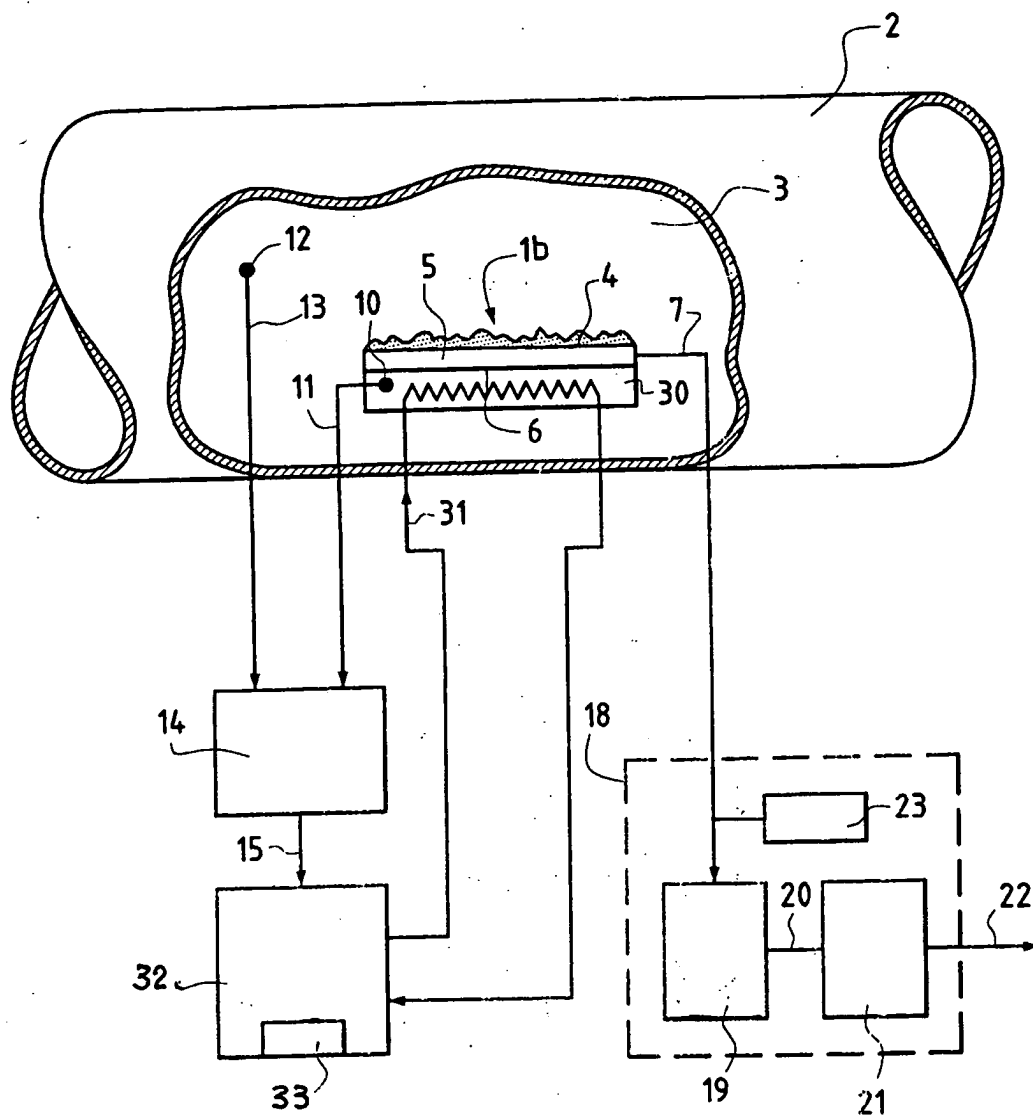


FIG.3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/00092

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N25/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N G01K G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 422 929 A (ROHRBACK CORP) 9 November 1979 (1979-11-09) the whole document	1,10
A	A D JONES ET AL: "The use of a heat flux sensor in monitoring fouling" CHEMICAL ABSTRACTS + INDEXES, 23 March 1994 (1994-03-23), pages 230-241, XP002088858 ISSN: 0009-2258 page 234	1,10
A	GB 2 187 556 A (TECHNOLOGY FOR ENERGY CORP) 9 September 1987 (1987-09-09) abstract	1,10,20
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2000

Date of mailing of the international search report

18/04/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brison, O

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/00092

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	W. J. MARNER ET AL.: "PROBE MEASURES FOULING AS IN HEAT EXCHANGERS" NTIS TECH NOTES, 1 December 1990 (1990-12-01), page 1059 XP000179958 springfield, va, us ISSN: 0889-8464 the whole document	1,10
A	US 4 718 774 A (SLOUGH CARLTON M) 12 January 1988 (1988-01-12) the whole document	1,10
A	US 4 383 438 A (EATON PAUL E) 17 May 1983 (1983-05-17) abstract; figure 1	1,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 267 (P-1058), 8 June 1990 (1990-06-08) & JP 02 074856 A (KURITA WATER IND LTD), 14 March 1990 (1990-03-14) abstract	1,10
A	FR 2 266 869 A (UNIVERSAL OIL PROD CO) 31 October 1975 (1975-10-31) claim 1; figure 1	1,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/00092

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2422929	A	09-11-1979	NONE	
GB 2187556	A	09-09-1987	US 4722610 A ZA 8701470 A	02-02-1988 21-08-1987
US 4718774	A	12-01-1988	NONE	
US 4383438	A	17-05-1983	NONE	
JP 02074856	A	14-03-1990	NONE	
FR 2266869	A	31-10-1975	US 3913378 A CA 1029572 A DE 2515281 A GB 1493526 A IT 1035214 B JP 1191934 C JP 50144495 A JP 58022973 B	21-10-1975 18-04-1978 16-10-1975 30-11-1977 20-10-1979 29-02-1984 20-11-1975 12-05-1983

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No  
PCT/FR 00/00092

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> <b>CIB 7 G01N25/18</b>		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) <b>CIB 7 G01N G01K G01B</b>		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 422 929 A (ROHRBACK CORP) 9 novembre 1979 (1979-11-09) le document en entier ---	1,10
A	A D JONES ET AL: "The use of a heat flux sensor in monitoring fouling" CHEMICAL ABSTRACTS + INDEXES, 23 mars 1994 (1994-03-23), pages 230-241, XP002088858 ISSN: 0009-2258 page 234 ---	1,10
A	GB 2 187 556 A (TECHNOLOGY FOR ENERGY CORP) 9 septembre 1987 (1987-09-09) abrégé --- -/-	1,10,20
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe         </div> </div>		
* Catégories spéciales de documents cités: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <b>12 avril 2000</b>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <b>18/04/2000</b>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <b>Brison, O</b>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den e internationale No  
PCT/FR 00/00092

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	W. J. MARNER ET AL.: "PROBE MEASURES FOULING AS IN HEAT EXCHANGERS" NTIS TECH NOTES, 1 décembre 1990 (1990-12-01), page 1059 XP000179958 springfield, va, us ISSN: 0889-8464 le document en entier ---	1,10
A	US 4 718 774 A (SLOUGH CARLTON M) 12 janvier 1988 (1988-01-12) le document en entier ---	1,10
A	US 4 383 438 A (EATON PAUL E) 17 mai 1983 (1983-05-17) abrégé; figure 1 ---	1,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 267 (P-1058), 8 juin 1990 (1990-06-08) & JP 02 074856 A (KURITA WATER IND LTD), 14 mars 1990 (1990-03-14) abrégé ---	1,10
A	FR 2 266 869 A (UNIVERSAL OIL PROD CO) 31 octobre 1975 (1975-10-31) revendication 1; figure 1 -----	1,10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem , Internationale No

PCT/FR 00/00092

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2422929 A	09-11-1979	AUCUN	
GB 2187556 A	09-09-1987	US 4722610 A ZA 8701470 A	02-02-1988 21-08-1987
US 4718774 A	12-01-1988	AUCUN	
US 4383438 A	17-05-1983	AUCUN	
JP 02074856 A	14-03-1990	AUCUN	
FR 2266869 A	31-10-1975	US 3913378 A CA 1029572 A DE 2515281 A GB 1493526 A IT 1035214 B JP 1191934 C JP 50144495 A JP 58022973 B	21-10-1975 18-04-1978 16-10-1975 30-11-1977 20-10-1979 29-02-1984 20-11-1975 12-05-1983